

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Řízení systému alternativního napájení soustavy mobilního
robotu.

System control of the alternate powering of the mobile robot
system.

Zadání bakalářské práce

Student: **Matěj Golembiovský**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2601R004 Měřicí a řídicí technika
Téma: **Řízení systému alternativního napájení soustavy mobilního robotu**
System Control of the Alternate Powering of the Mobile Robot System

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s problematikou alternativních zdrojů energií, alternativního napájení autonomních systémů a problematikou mobilních robotů.
2. Návrh a realizace soustavy autonomního napájení a jeho řízení pro mobilní robot realizující jednoduchou transportní úlohu.
3. Sestavení soustavy mobilního robotu s alternativním napájením, realizace měřicího systému experimentu a realizace experimentu prokazujícího udržitelnou funkčnost systému.
4. Zhodnocení výsledků řešení a experimentů.

Seznam doporučené odborné literatury:

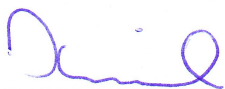
- [1] NOVÁK, Petr. *Mobilní roboty*. Vyd. 1. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 247 s. ISBN 80-7300-141-1.
- [2] MATIČKA, Robert a Jaroslav TALÁCKO. *Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů*. 2., přeprac. vyd. Praha: SNTL, 1991, 269 s. ISBN 80-03-00567-1.
- [3] CETL, Tomáš. *Aplikace elektrochemických zdrojů*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 145 s. ISBN 80-01-02859-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Bohumil Horák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014



doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne: 4. 5. 2014

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kulmer', is written on the right side of the page.

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Bohumilu Horákovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této Bakalářské práce, Panu Tomáši Dočekalovi za pomoc s implementací algoritmu pro sledování čáry a Ing. Kristýně Friederischkové za zaškolení do problematiky měření solárních panelů.

Abstrakt

Cílem práce je návrh a realizace soustavy autonomního napájení a jeho řízení pro mobilní robot realizující jednoduchou transportní úlohu a sestavení této soustavy s mobilním robotem.

Systém byl navržen jako soustava fotovoltaického panelu, superkapacitorů a DC/DC měničů které předávají mobilnímu robotu informace o množství energie a výkonech které systémem tečou.

Vytvořený systém může být použit jako pomůcka při výuce obnovitelných zdrojů energie a jejich řízení.

Klíčová slova

Fotovoltaický systém, superkapacitory, Step-Up měnič, sledovač čáry, obnovitelný zdroj energie.

Abstract

The aim of this thesis is designing and realisation of a system of autonomous energy supply and its control for a mobile robot capable of simple transportation task and assembling of this system along with the mobile robot.

The system was designed as a set of photovoltaic panel, supercapacitors and DC/DC convertors which transmit information about the amount of energy and energy flow to the robot.

The created system could be used as a tool in education about renewable energy sources and their control.

Key words

Photovoltaic system, supercapacitors, Step-Up convertor, linefollower, renewable source of energy.

Seznam použitých symbolů, zkratek a termínů

MPP	Maximum Power Point
MPPT	Maximum Power Point Tracker
DC/DC měnič	Obvod který upravuje velikost stejnosměrného napětí
Step-Up měnič	Obvod který zvyšuje velikost stejnosměrného napětí
PVF	polyvinylidenfluorid
PET	polyetyléntereftalát
PVF	polyvinylidenfluorid
EVA	Etylvinylacetát
DPS	Deska plošných spojů

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Mobilní roboti.....	10
2.1 Roboti sledující čáru.....	11
3 Fotovoltaický článek.....	12
4 Fotovoltaické panely.....	14
5 Maximum Power Point Tracker.....	16
6 Superkapacitory.....	17
7 Návrh hardware robota.....	18
7.1 Solární panel.....	18
7.2 MPPT.....	20
7.3 Měření proudu.....	22
7.4 Superkapacitor.....	23
7.5 Step-Up měnič.....	24
7.6 Senzor čáry.....	25
7.7 H-můstky.....	26
7.8 Řídící elektronika.....	26
8 Software řízení robota.....	28
9 Závěr.....	29
10 Použitá literatura.....	30
11 Přílohy.....	31

1 Úvod

V dnešní době je robotika všude kolem nás, a to od různých podob hraček pro děti, přes výrobní linky v podnicích, bezpilotních letounů až po operační roboty.

Není proto divu že je o tento neustále se rozrůstající obor veliký zájem, jak mezi studenty tak i odbornou veřejností. Možná právě proto jsou v tomto oboru pořádány nejrůznější soutěže. Například soutěž Minisumo kde mají roboti za úkol vytlačit soupeře z kruhové arény, v soutěži Sklad kečupu mají zase roboti za úkol dovést „domů“ co nejvíce plechovek kečupu, myši v soutěži Bludiště závodí, kdo nejrychleji najde cestu do cíle. A s výčtem podobných soutěží, by se dalo ještě nějakou dobu pokračovat.

Jednou ze zajímavých soutěží je také soutěž Napájení sluncem, kde je nejvíce oblíbena hlavní kategorie robotů napájených solární energií. Tito roboti soutěží o to, který bude nejrychlejší na 2 metry dlouhé rovince. Letos poprvé byla na této soutěži představena kategorie robotů sledujících čáru. Tito roboti jsou však napájeni pouze z akumulátorů.

Zajímavá kategorie v robotických soutěžích by však mohla vzniknout kombinací předešlých dvou. Vznikli by tak roboti sledující čáru napájení solární energií.

Aby však takováto kategorie mohla vzniknout musí být vytvořen jakýsi první prototyp robota, který by byl technicky vyspělý tak, aby mohl důstojně tuto kategorii reprezentovat, a aby se případní další zájemci o tuto kategorii měli kde inspirovat a nabrat potřebné zkušenosti pro sestavení takového robota. A právě vyvinout prototyp takového robota je úkolem této práce.

V práci je postupně teoreticky rozebrán základ o robotech, seznámení s kategorií robotů sledujících čáru a následné seznámení s jednotlivými částmi, které jsou zapotřebí pro sestavení robota sledujícího čáru napájeného ze solární energie, až po konkrétní popis výsledného demonstračního prototypu tohoto robota.

2 Mobilní roboti

Mobilní robot je stroj schopný vykonávat úlohu, ke které je určen, v daném prostředí, kde se také dokáže pohybovat, a to s různými stupni autonomie. Robot je také schopen vyhodnocovat okolní prostředí, ve kterém se nachází, pomocí senzorů a na základě těchto informací si může vytvářet jeho model.(1)

Mobilní roboty lze rozdělit do několika skupin.(1)

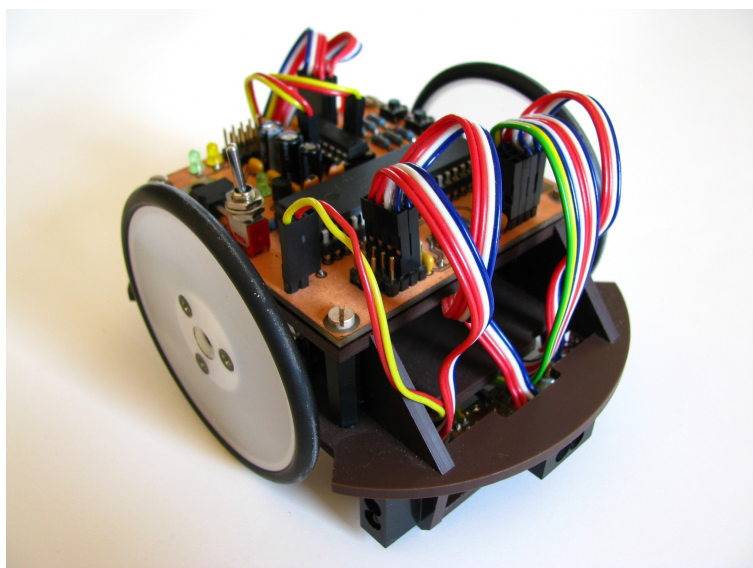
1. Autonomní – jsou schopni samostatně plnit zadanou úlohu, například sledování kontrastní čáry.
2. Dálkově řízené – jsou řízeny operátorem který má přehled o poloze robota v pracovním prostředí a informace ze senzorů robota na základě kterých řídí provádění úlohy.
3. Dělení podle pracovního prostředí
 - a) souš
 - kolové
 - pásové
 - kráčející
 - plazivé
 - splhající skákající
 - hybridní
 - b) voda
 - c) vzduch
 - d) vesmírné prostředí
 - e) hybridní
4. Dělení podle účelu nasazení
 - a) manipulační
 - b) montážní
 - c) servisní
 - d) inspekční
 - e) průzkumné
 - f) vojenské

- g) zdravotnické
- h) pro zábavu

2.1 Roboti sledující čáru

Jedná se o roboty, kteří mají za úkol sledovat kontrastní čáru, většinou černou na bílém pozadí. K tomuto účelu jsou vybaveni senzorem, který využívá různé odrazivosti infračerveného záření bílé a černé barvy. Těchto senzorů se většinou využívá více a to tak, že jsou umístěny na přední hraně robota, který je pak schopen určit polohu čáry.

Podvozek se také může lišit, nicméně pro tuto úlohu se zdá být nejlepším řešením tzv. diferenciální řízení. Robot má dvě hnané kola jejichž poměrem otáček se řídí směr pohybu. Tento typ podvozku vykazuje velice dobrou manévrovatelnost v prostoru.



Obr. 2.1.1: Příklad diferenciálního podvozku

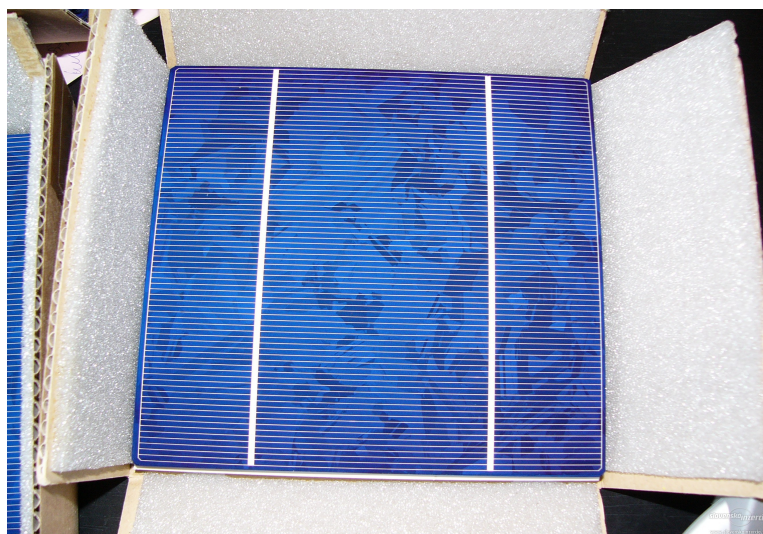
Robot pro svou práci potřebuje být napájen. Toto je v případě mobilního robota řešeno použitím akumulátoru, který je třeba jednou za čas nabít. Existují však i alternativní zdroje energie, které se dají, pro napájení za určitých podmínek, použít.

Jsou to například fotovoltaické články, které mohou doplnit nebo zastoupit běžné nabíjení akumulátoru ze sítě. Takový robot je pak schopen delšího, nebo dokonce nepřetržitého provozu v závislosti na energetické náročnosti prováděné úlohy, výkonu fotovoltaického panelu a velikosti akumulátoru.

3 Fotovoltaický článek

Fotovoltaický jev byl objeven francouzským fyzikem Alexandrem Edmondem Becquerelem v roce 1839. Avšak první fotovoltaický článek byl sestaven až v roce 1883 Charlesem Frittem, který potáhl polovodivý selen velmi tenkou vrstvou zlata. Tento článek měl účinnost pouze 1 %. Současná doba solárních článků byla započata roku 1954 v Bell Laboratories. Při experimentech s dopovaným křemíkem byla objevena jeho vysoká citlivost na osvětlení. Výsledný fotovoltaický článek měl účinnost kolem 6 %. (5)

Dříve se fotovoltaické články využívaly výhradně v kosmonautice. Posléze v 70. letech 20. století, díky snížení cen, začaly být využívány i jako zdroje energie v místech, kde nebyl k dispozici jiný zdroj energie. V dnešní době začíná stoupat podíl solárních elektráren dodávajících energii jak do elektrické sítě tak také ostrovních systémů. (5)



Obr. 3.1: polykrystalický fotovoltaický článek

Výkon fotovoltaických článků a panelů se udává v jednotkách Wp (watt peak – špičková hodnota). Výkon silně závisí na osvětlení a na úhlu dopadajícího světla, proto se výkon článků měří při definovaných podmínkách:

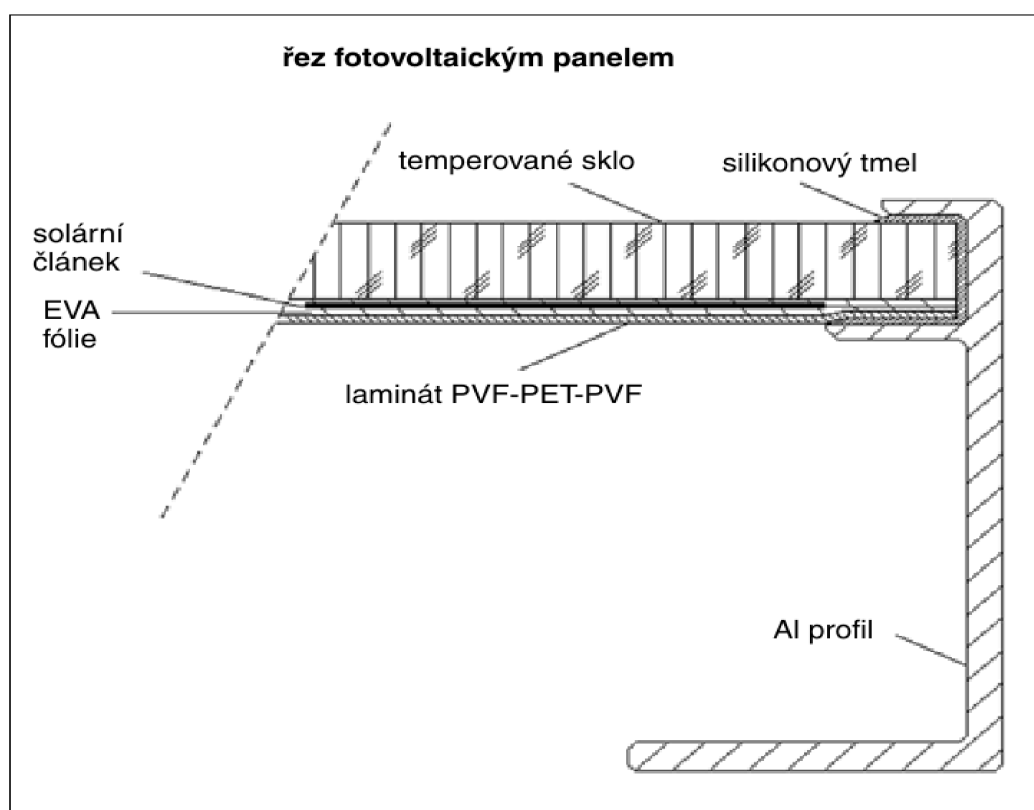
1. Výkonová hustota slunečního záření $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
2. Spektrum záření $AM1.5$
3. Teplota solárního článku 25°C

V praxi bývá většinu doby výkon článku nižší, protože článek není natočen přesně kolmo ke slunečnímu záření a sluneční svit prochází, v závislosti na denní době, rozdílně tlustou vrstvou atmosféry. Navíc je množství dopadajícího slunečního záření silně závislé na oblačnosti.

4 Fotovoltaické panely

Do fotovoltaických panelů se jednotlivé články skládají v sériové, paralelní případně serio-paralelní kombinaci, aby při definovaném osvětlení poskytovaly žádané stejnosměrné napětí a výkon. Maximální výkon záleží především na velikosti celkové plochy fotovoltaických článků ze kterých je panel složen.

Nejběžnější konstrukce fotovoltaických panelů je znázorněna schematicky v řezu na obr. 3.1 a výrobní postup je následující: Na přední straně fotovoltaických panelů je temperované (tzv. kalené) sklo. Tato skla jsou velmi odolná proti nárazu a odolají i poměrně velkým kroupám. Na sklo se pokládá plastová EVA (etylvinylacetát) fólie a na ni se skládají propojené fotovoltaických články.(3)



Obr. 4.1: Řez fotovoltaickým panelem(3)

U sériového zapojení článků kovový pásek spojuje přední kontakt jednoho článku se zadním plošným kontaktem druhého článku. Přes propojené články se znovu pokládá plastová EVA fólie a zadní stěnu tvoří zpravidla laminátová kompozice PVF-PET-PVF. Poté se vyčerpá

vzduch mezi těmito vrstvami a panel se zahřeje nad teplotu tání EVA fólie. Etylvinylacetát se po teplotním zpracování rozteče a jako zalévací hmota zalije fotovoltaických články v prostoru mezi předním sklem a zadní laminátovou stěnou panelu.

Nakonec se panely rámuje a zatmelují silikonovým tmelem do hliníkových profilů a opatřují krabicí s výstupními kontakty. Hotové fotovoltaické panely jsou tak utěsněny proti vodě či jiným nečistotám. Životnost kvalitních fotovoltaických panelů na bázi krystalických polovodičů bývá 20 až 30 let.(3)

5 Maximum Power Point Tracker

MPP je technika kterou systémy napájené z fotovoltaických článků využívají pro získání maximálního možného výkonu. U solárních článků je velmi komplexní závislost mezi osvitem, teplotou a celkovým odporem, důsledkem čehož je výrazně nelineární výstupní efektivita. Tato efektivita může být analyzována na základě voltampérové charakteristiky.

MPPT systém tedy analyzuje výstup fotovoltaického článku a přizpůsobuje svou vstupní impedanci pro získání maximálního možného výkonu pro jakékoli podmínky prostředí. Zařízení MPPT jsou obvykle integrovány do elektrických měničů.(4)

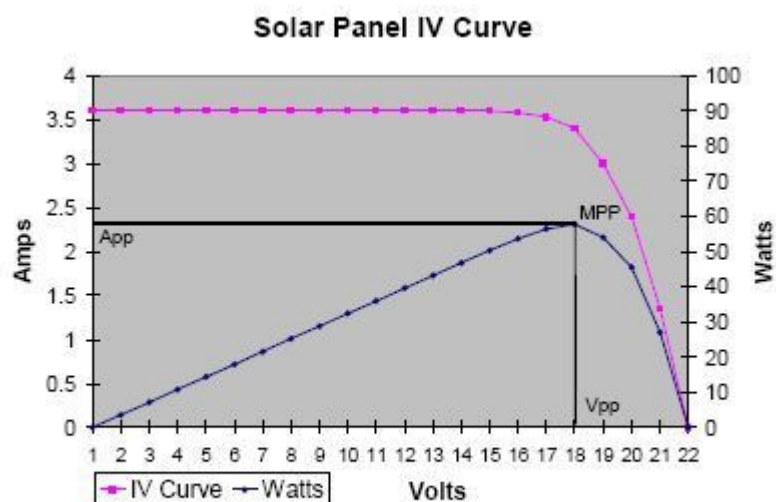


Figure 3 Solar Panel IV Curve with MPP.

Obr. 5.1: Znázornění VA a výkonové charakteristiky
Fotovoltaického článku s vyznačeným MPP bodem(4)

6 Superkapacitory

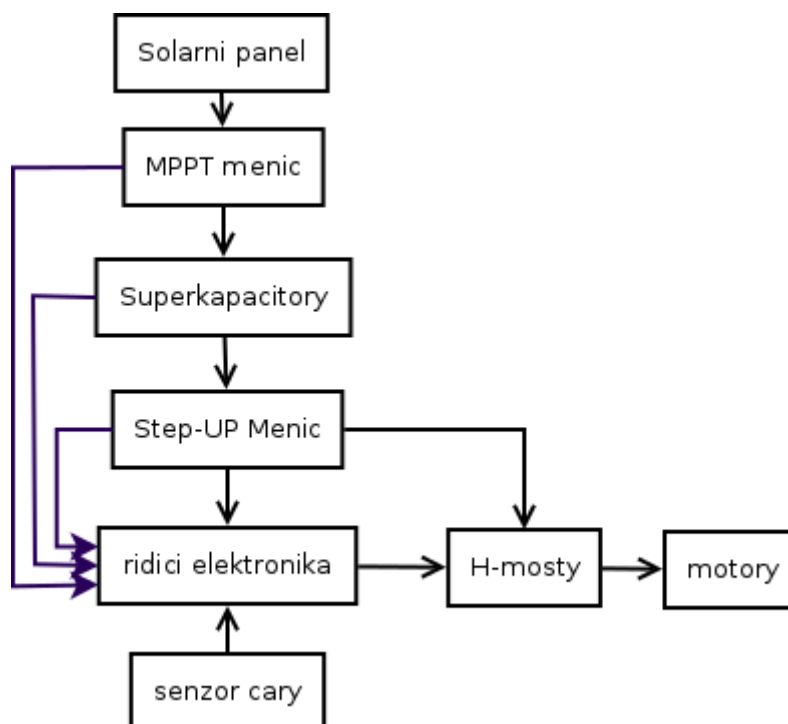
Jedná se o speciální elektrolytický kondenzátor s velkou kapacitou (tisíce F). Této vysoké hodnoty kapacity se dosahuje za použití elektrod s pórovitým povrchem, které tím pádem mají velkou plochu. Na elektrodách potažených hliníkovou fólií je nanesený práškový aktivní uhlík (uhlíkový aerogel), gram tohoto materiálu zaujímá povrch až 2000 m². Další vývoj však ukazuje, že se může aktivní plocha výrazně zvětšit použitím nanomateriálů. Elektrody superkapacitoru odděluje od sebe tekutý elektrolyt, nebo elektrolyt ve formě gelu. Elektrody jsou od sebe odděleny dielektrikem o tloušťce desetin nanometru. Díky velmi malé tloušťce dielektrika je malé i průrazné napětí. Maximální velikost pracovního napětí se obvykle pohybuje v rozmezí od 2,3 do 2,7 V a musí se tedy zapojovat sériově do modulů s vyšším provozním napětím. Další výhodou superkapacitorů ve srovnání s akumulátory je vyšší počet nabíjecích cyklů a to až v řádu miliónů.(2)

Superkapacitor akumuluje energii v elektrostatickém poli. Lze jej velmi rychle nabíjet i vybíjet řádově v sekundách. Vzhledem k malému vnitřnímu odporu zdroje (0,001 ohmu) je možné jej vybíjet v závislosti na konstrukci až kiloampérovými proudy.(2)



Obr. 6.1: Ukázka superkapacitorů (2)

7 Návrh hardware robota



Obr. 7.1: Blokové schéma celého systému

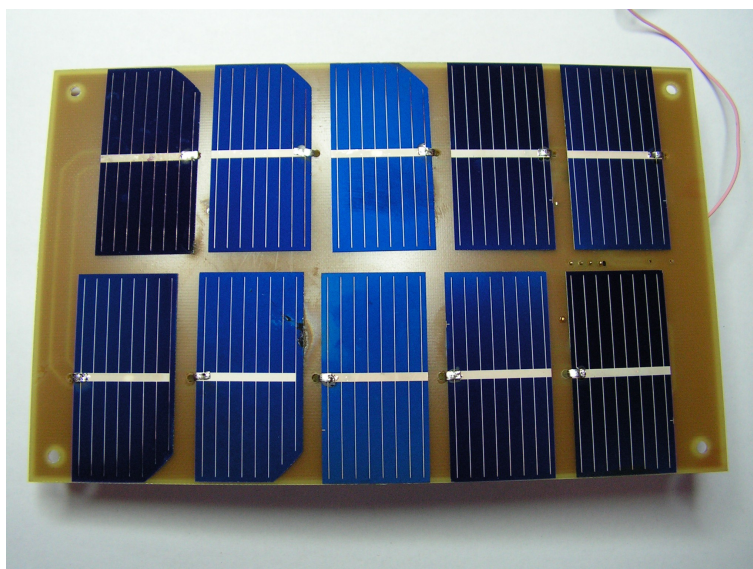
Celý robot je rozdělen na dvě hlavní části které se nacházejí na samostatných deskách plošných spojů. Toto rozdělení na dílčí části bylo provedeno jednak kvůli logickému rozdělení jednotlivých částí systému do značné míry však také pro zjednodušení mechanické konstrukce.

Deska zdroje, která se nachází nad robotem, obsahuje části, které se starají o správu napájení a solární panel, který slouží jako zdroj energie robota. Tato deska také odesílá informace o dobíjecím proudu superkapacitorů, proudu odebíraném robotem a napětí superkapacitorů řídící desce, která tyto informace zpracovává.

Řídící deska pak obsahuje čidla čáry, procesor, který vyhodnocuje údaje ze senzorů a desky zdroje, a H můstky pro řízení motorů. K této desce jsou také upevněny motory a deska zdroje.

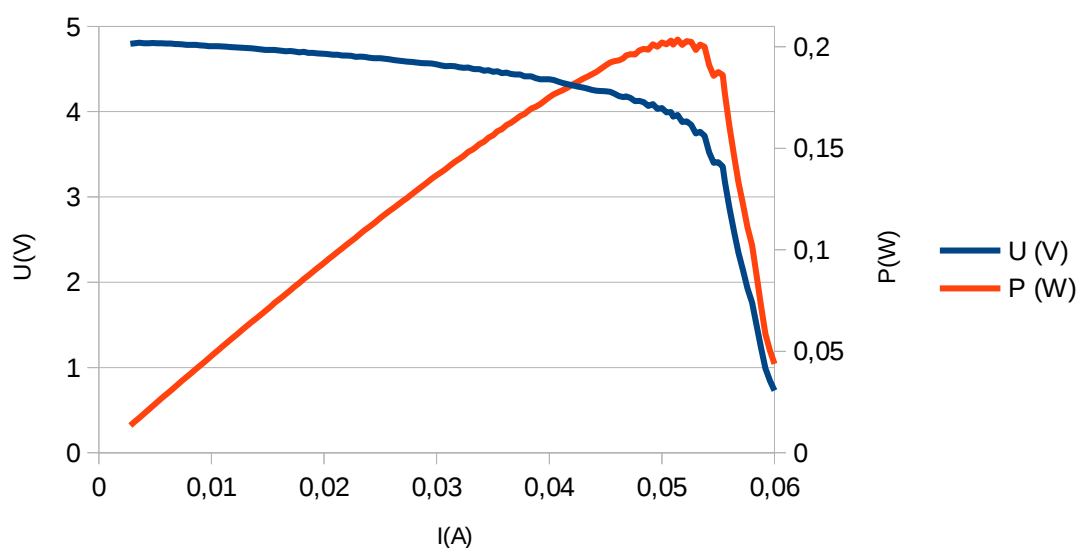
7.1 Solární panel

Solární panel se skládá z 10 kusů monokrystalických solárních článků o rozměru 51,2x25,6mm. Tyto články jsou nalepeny na horní straně desky zdroje.



Obr. 7.1.1: Pohled na horní stranu desky zdroje

Články jsou spojeny sériově pomocí pocínovaného měděného pásku, který je veden skrz díry v desce plošných spojů k motivu na její spodní straně, který články spojuje. Jako ochrana článků před prachem a nechtěným dotykem je použita průhledná fólie. Tato fólie sice snižuje účinnost solárního panelu, ale z dlouhodobého hlediska bude účinnost spíše navýšena, jelikož zabrání znečištění aktivní vrstvy solárních článků.



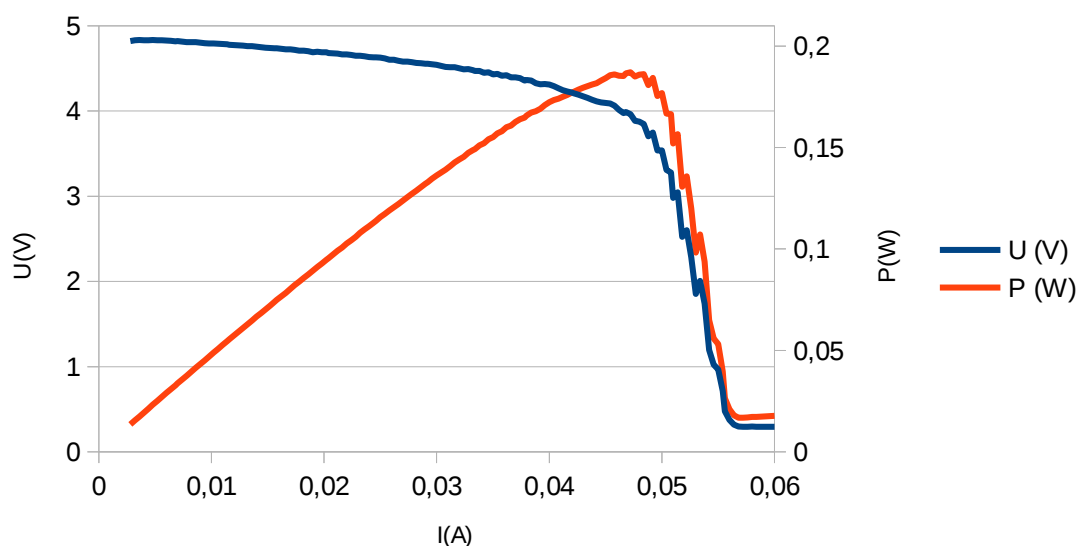
Obr. 7.1.2: Voltampérová a výkonová charakteristika solárního panelu bez fólie

Z důvodu ověření vlivu fólie na solární panel bylo provedeno měření.

Solární panel byl měřen pod halogenovou žárovkou při intenzitě osvitu $274\text{W}/\text{m}^2$ celková plocha panelu je $0,013\text{m}^2$.

Pro panel měřený bez fólie dosahovala maximální hodnota výstupního výkonu $203,5\text{mW}$ a to při napětí $3,96\text{V}$ a proudu 51mA . Z těchto parametrů můžeme vypočítat účinnost solárního panelu.

$$\eta = \frac{P_m}{E \cdot A_c} = \frac{0,2035}{274 \cdot 0,013} = 5,713\%$$



Obr. 7.1.3: voltampérová a výkonová charakteristika solárního panelu s fólií

Panel chráněný fólií dosahoval o něco menší maximální výstupní výkon 187mW při napětí $3,963\text{V}$ a proudu 47mA . Účinnost pak dosahuje $5,25\%$.

7.2 MPPT

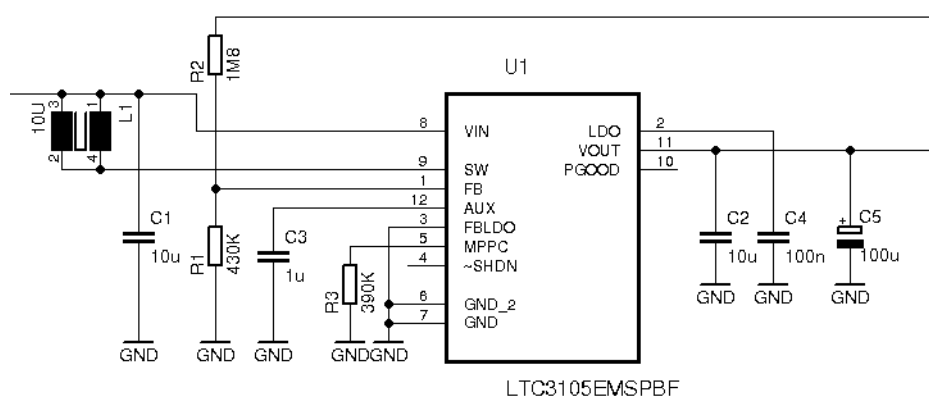
Při snaze získat ze solárního panelu pokud možno co nejvíc energie se, pro jeho připojení se zátěží, používá takzvaný MPP tracker (kap.5). V této úloze byl k tomuto účelu vybrán obvod LTC3105 který v sobě integruje Step-Up DC/DC měnič a funkci MPP trackeru.

Funkce Step-Up měniče je na tomto místě žádaná, abychom byli schopni do superkapacitorů uložit pokud možno co nejvíce energie. V našem případě mají superkapacity maximální napětí

5,4V , takže pokud chceme využít jejich plnou kapacitu, musíme z výstupního napětí solárního panelu, ideálně v bodě maximálního dodávaného výkonu tedy 3,963V , toto napětí Step-Up měničem vytvořit.

Z dalších parametrů kterými obvod LTC3105 disponuje stojí za zmínku minimální vstupní napětí při kterém je schopen pracovat a sice již 250mV .

Je tedy schopen dodávat energii i při nepříznivých světelných podmínkách.



Obr. 7.2.1: Schéma zapojení obvodu LTC3105

Zapojení tohoto obvodu vychází z katalogového zapojení. Zpětná vazba výstupního napětí je vedena přímo ze superkapacitorů.

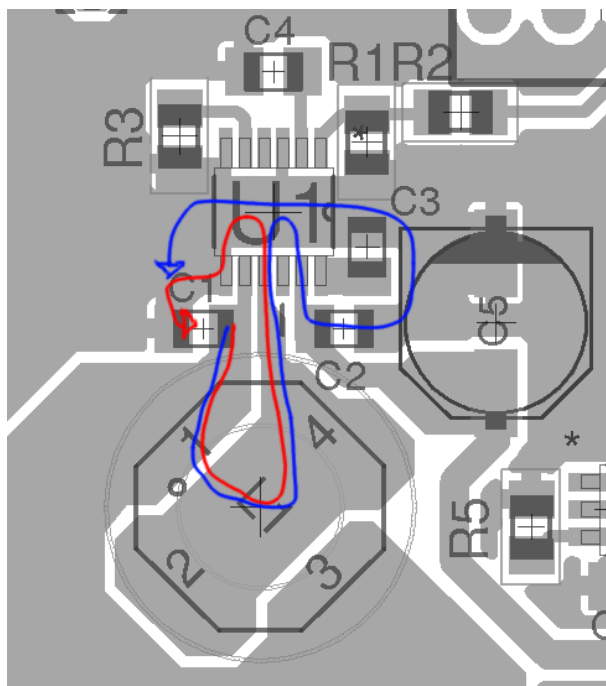
Pro nastavení výstupního napětí slouží odpory $R1$ a $R2$. Jejich hodnota byla určena podle

$$V_{out} = 1,004 \left(\frac{R2}{R1} + 1 \right) = 1,004 \left(\frac{1800000}{430000} + 1 \right) = 5,21V \quad (6)$$

dále byl určen odpor $R3$ který slouží pro nastavení napětí MPPT:

$$V_{MMPC} = 10\mu A \cdot R_{MPPC} = 0,00001 \cdot 390000 = 3,9V \quad (6)$$

Pro správnou a hlavně efektivní funkci DC/DC měničů je potřeba dodržet jisté zásady při návrhu desky plošných spojů, jedná se hlavně o co možno nejkratší cesty proudů mezi vstupním, výstupním kondenzátorem, cívkou a spínacím prvkem. Další důležitou zásadou je aby se proud který protéká těmito prvky uzavíral pokud možno co nejmenší plochou.



Obr. 7.2.2: cesty proudů LTC3105(červená - akumulace energie v tlumivce, modrá - převedení energie na výstup)

Z Obr. 7.2.2 je patrné, že při návrhu bylo k těmto zásadám přihlédnuto.

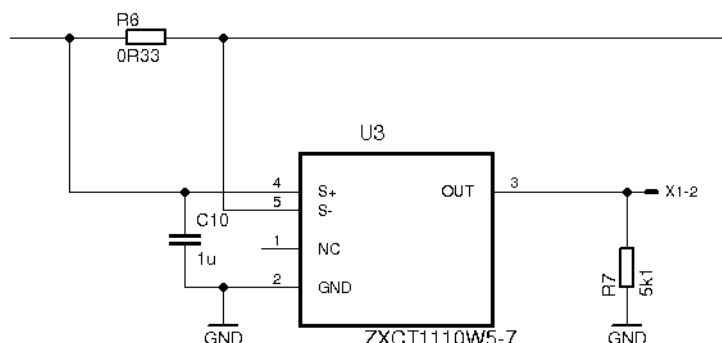
7.3 Měření proudu

Pro měření proudu který MPPT dodává do superkapacitoru a kolik proudu robot naopak ze superkapacitoru odebírá, byl vybrán obvod ZXCT1110. Tento obvod měří úbytek napětí na snímacím rezistoru $R6$, zařazeném v kladné větvi zátěže (superkapacitoru/robota), a převádí jej na proudový signál, který posléze na výstupním rezistoru $R7$ vytvoří úbytek napětí, který odpovídá měřenému proudu.

Vztahy pro výpočet hodnot rezistorů:

$$R_{SENSET} = \frac{V_{SENSET}}{I_{LOADT}} = \frac{0,1}{0,3} = 0,33\Omega \quad (7)$$

$$R_{GAIN} = \frac{V_{OUTT}}{0,004 \cdot V_{SENSET}} = \frac{2}{0,004 \cdot 0,1} = 5k\Omega \quad (7)$$



Obr. 7.3.1: Schéma zapojení obvodu ZXCT1110

7.4 Superkapacitor

Kvůli návrhu superkapacitoru byl proveden experiment na již existujícím robotovi sledujícím čáru s podobným systémem pohonu jako byl vybrán pro tuto úlohu. Tímto experimentem bylo zjištěno že daný robot má příkon přibližně 380mW . Dále byla určena doba provozu robota která by měla být alespoň 15 minut a to hlavně z důvodu ladění a testování algoritmů řídicí jednotky.

Spočteme tedy požadovanou kapacitu superkapacitorů:

Potřebná energie pro provoz robota po dobu 15minut

$$E = t \cdot P = 900 \cdot 0,38 = 342\text{Ws}$$

Díky Step-UP měniči, který je zařazen mezi superkapacitor a robota můžeme využít energii odpovídající úbytku napětí na superkapacitoru až 4V .

$$C = \frac{E \cdot 2}{U^2} = \frac{342 \cdot 2}{4^2} = 42,75 \approx 50\text{F}$$

Jelikož superkapacitory mají maximální povolené napětí kolem $2,7\text{V}$ musíme použít sériovou kombinaci dvou superkapacitorů, abychom je mohli provozovat na pro nás žádaných 5-ti voltech. Pro sériové spojení dvou kondenzátorů ovšem platí, že výsledná kapacita je poloviční. Musíme tedy použít dva superkapacitory s kapacitou 100F .

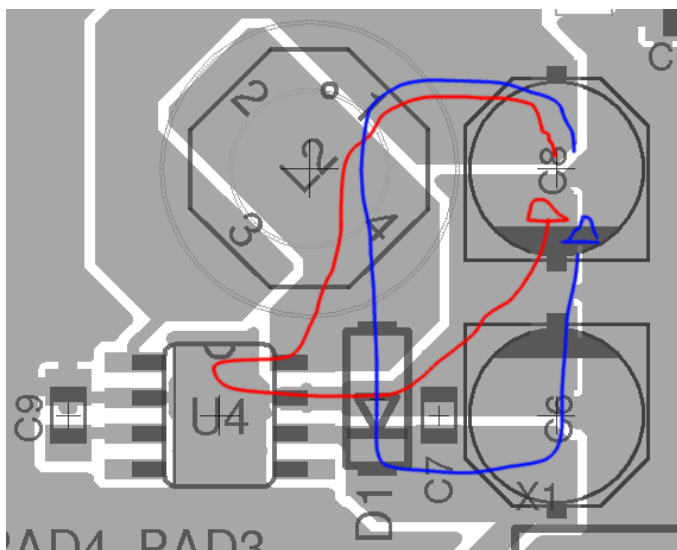
7.5 Step-Up měnič

Abychom mohli využít energii uloženou v superkapacitorech, je potřeba zaručit konstantní napájecí napětí robota i při klesajícím napětí superkapacitoru. Toho dosáhneme použitím Step-Up měniče.

Na toto místo byl vybrán obvod MAX756, který pracuje již od napětí $0,7V$ a zaručí nám tedy pracovní rozmezí napětí na superkapacitoru větší než $4V$.

Při návrhu vhodných součástek pro DC/DC měnič s ohledem na vysokou účinnost je třeba dát pozor na výběr komponent. Důležité parametry jsou hlavně nízký ekvivalentní sériový odpor vstupních a výstupních kondenzátorů, nízký stejnosměrný odpor tlumivky a nízký úbytek napětí na diodě v propustném směru. Při výběru součástek tohoto DC/DC měniče bylo k těmto parametrům přihlédnuto.

Dále je potřeba dodržet zásady návrhu plošného spoje (kap.7.2).

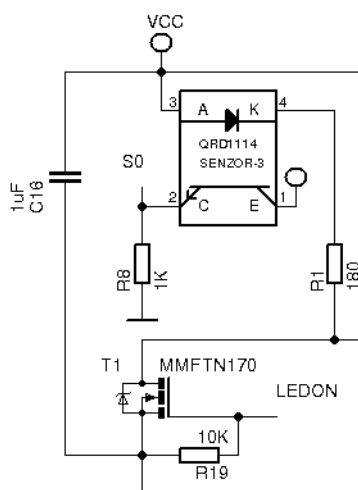


Obr. 7.5.1: cesty proudů MAX756(červená - akumulace energie v tlumivce, modrá - převedení energie na výstup)

7.6 Senzor čáry

Pro snímání pozice čáry se využívá optického principu, bílé pozadí odráží více světla než černá čára kterou robot sleduje.

Jako elementární prvek senzoru byl vybrán snímač QRD1114, který v sobě integruje infračervenou diodu a fototranzistor. Senzor je nedílnou součástí řídicí desky a skládá se ze sedmi výše uvedených snímačů. Kvůli snížení energetické náročnosti celého robota jsou infračervené diody spínány pouze na dobu, kdy se čte informace ze senzoru, po zbytek času jsou vypnuté.



*Obr. 7.6.1: Schéma zapojení
jednoho snímače senzoru
čáry s ovládáním
infračervených diod*

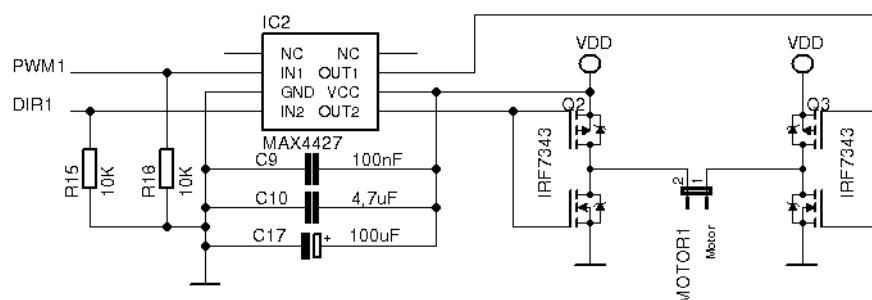
Výpočet omezovacího odporu pro diodu:

$$R1 = \frac{V_{CC} - U_D}{I} = \frac{5 - 1,2}{0,02} = 190 \approx 180 \Omega$$

Jelikož neznáme hodnoty odrazivosti papíru ani černé pásky byl snímací rezistor fototranzistoru určen experimentálně.

7.7 H-můstky

Pro řízení motoru byly použity H-můstky. Toto zapojení umožňuje ovládat rychlost a směr otáčení motoru.



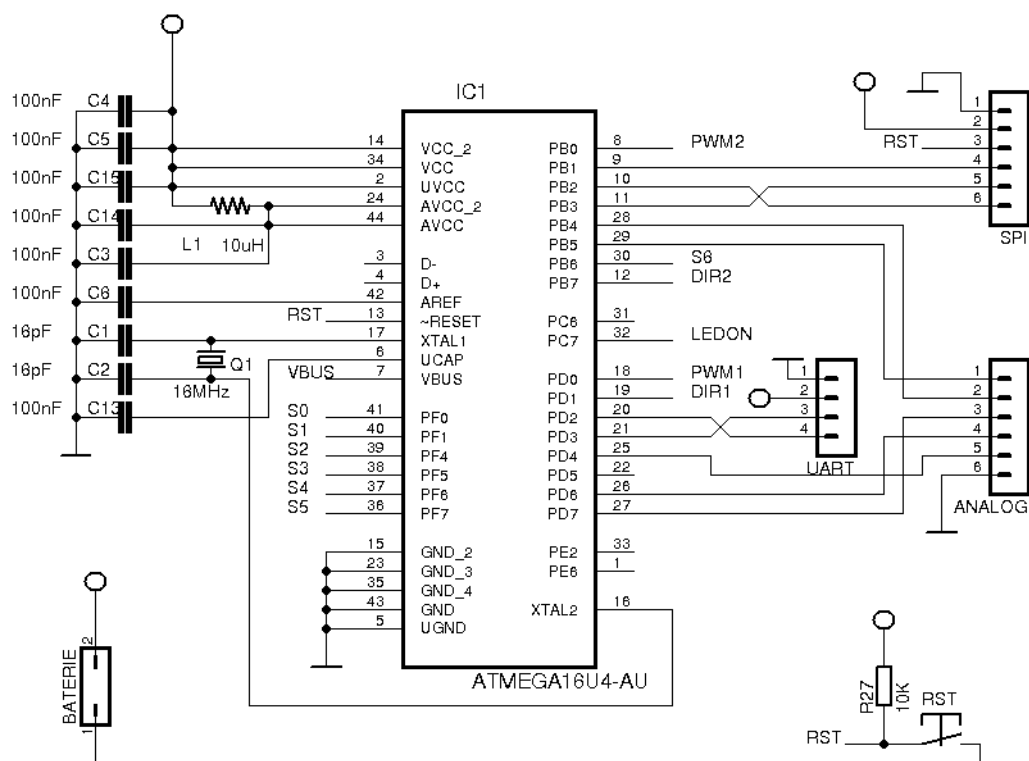
Obr. 7.7.1: Schéma zapojení H-můstku

Pro H-Můstek byly vybrány tranzistory IRF7343, které integrují v jednom pouzdře kompletní půlmost.. Jako budiče těchto tranzistorů byl použit obvod MAX4427. Vlastnost budiče je přizpůsobovat napětí řídicí elektroniky na napětí, které je potřebné k řízení takového zapojení. Tato vlastnost není využívána vzhledem k tomu že elektronika i H-můstky jsou napájeny ze společného napájecího napětí.

Další důležitou úlohou, kterou tyto budiče plní, je snížení ztrát na tranzistorech. Toho je docíleno tím že dokážou dodat/odebrat náboj, který je akumulován na parazitní kapacitě hradel tranzistorů vysokým proudem, což má za následek snížení doby otevírání/zavírání tranzistoru ve které jsou ztráty na něm největší.

7.8 Řídící elektronika

Centrálním bodem celého systému je mikrořadič ATmega16u4. Jedná se o mikrořadič s jádrem AVR které patří do skupiny procesorů RISC. Tento mikrořadič byl vybrán především kvůli dostatečnému počtu analogových vstupů. Většina jiných mikrořadičů řady ATmega je vybavena pouze 8 analogovými vstupy avšak pro naši úlohu je těchto vstupů potřeba alespoň 10.



Obr. 7.8.1: Schéma zapojení řídicí jednotky

Mikrokontrolér je taktovaný frekvencí 16MHz která zaručuje dostatečný výpočetní výkon pro provoz všech algoritmů.

8 Software řízení robota

Úkolem robota je jezdit po dráze vyznačené černou páskou na bílém pozadí. Na jedno místo dráhy, která má charakter okruhu, svítí halogenová lampa pod kterou má robot možnost zastavit a dobít se v případě, že už mu nezbývá dost energie na další kolo.

Software robota je napsán v jazyce C pomocí vývojového prostředí eclipse, a je rozdělen na dva hlavní algoritmy. První se stará o sledování čáry, druhý pak kontroluje množství energie, kterou má robot k dispozici a zastaví robota pod dobíjecí lampou v případě, že již nemá dostatek energie na projetí dalšího kola.

Tyto dva algoritmy jsou napsány jako samostatné funkce a jsou volány z hlavní programové smyčky.

9 Závěr

Výsledkem této práce je návrh prototypu robota, který by se mohl účastnit soutěží v kategoriích sledovačů čáry napájených solární energií. Tento návrh byl také prakticky realizován a ověřen v praxi.

Podařilo se vyvinout robota, který je schopen autonomního rozhodování při práci s energií určenou k jeho napájení. Model je dostatečně hardwarově vybaven pro demonstraci různých metod pozorování vyrobené a spotřebovávané energie.

Práce je také strukturovaná tak, aby bylo jasné jaké volby byly při návrhu robota učiněny, z jakých parametrů se vycházelo a co by bylo potřeba přizpůsobit při případné změně vstupních parametrů.

10 Použitá literatura

- (1) NOVÁK, Petr. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. Vyd. 1. Praha: BEN - technická literatura, 247 s. ISBN 80-730-0141-1.
- (2) Superkapacitor. [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z: <http://fyzmatik.pise.cz/1076-superkapacitor.html>
- (3) Konstrukce a výroba fotovoltaických článků a panelů. *Elektro*. 2010, roč. 2010, č. 3. Dostupné z: www.odbornecasopisy.cz/pdfclick.php?id=40646
- (4) Arduino Peak Power Tracker Solar Charger. [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z: <http://www.timnolan.com/index.php?page=arduino-ppt-solar-charger>
- (5) Historie fotovoltaiky. *Solarenavi.cz* [online]. [cit. 2014-02-05]. Dostupné z: <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/technicke-informace/historie-fotovoltaiky/>
- (6) Datasheet obvodu LTC3105. [CD]. [cit. 2014-02-05]. Dostupné z: LTC3105.pdf
- (7) Datasheet obvodu ZXCT1110. [CD]. [cit. 2014-02-05]. Dostupné z: ZXCT1110.pdf

11 Přílohy

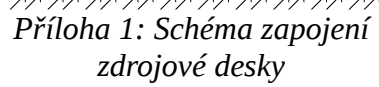
Seznam příloh

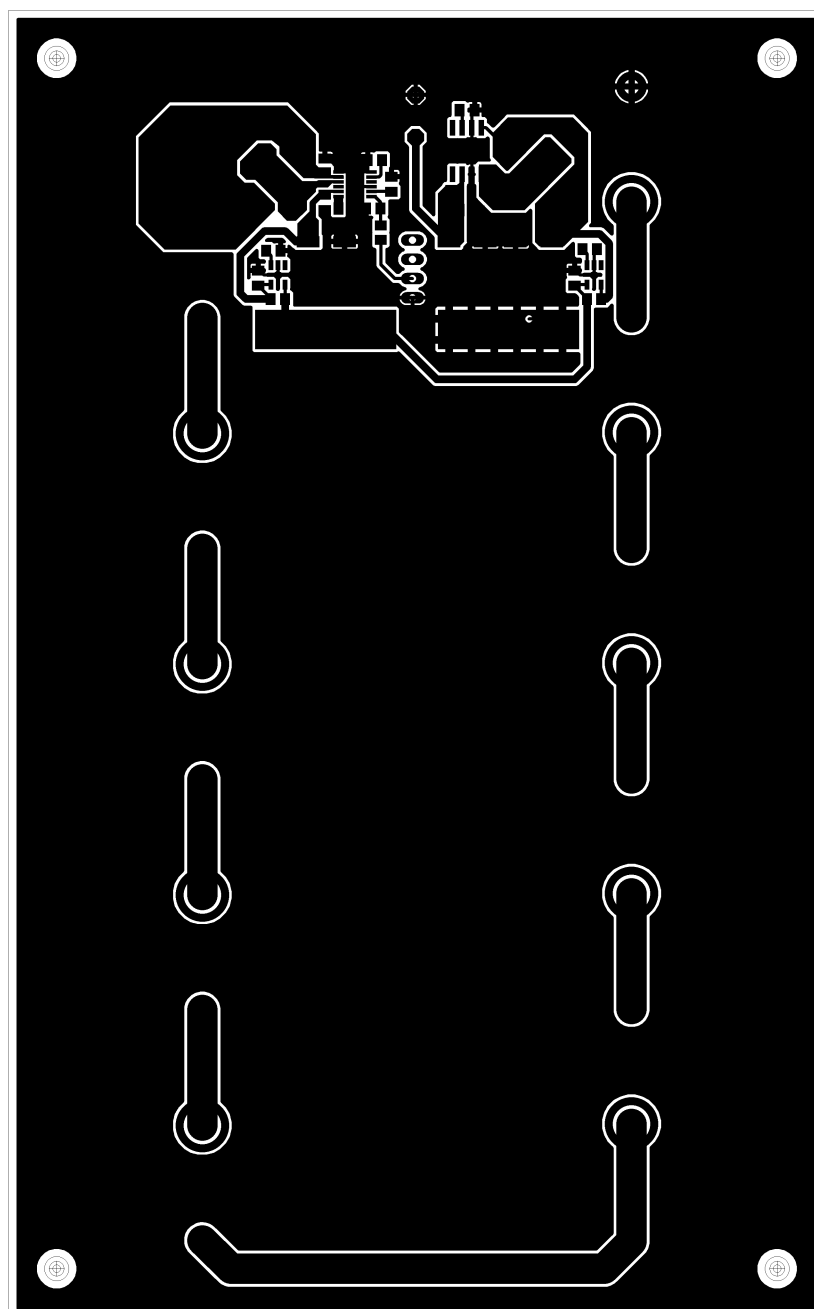
Příloha 1: Schéma zapojení zdrojové desky.....	1
Příloha 2: Motiv DPS zdrojové desky.....	2
Příloha 3: Osazovací plán zdrojové desky.....	3
Příloha 4: Schéma zapojení robota.....	4
Příloha 5: Motiv horní strany DPS.....	5
Příloha 6: Motiv spodní strany DPS.....	5
Příloha 7: Osazovací plán horní strany DPS.....	6
Příloha 8: Osazovací plán spodní strany DPS.....	6
Příloha 9: Pohled shora na zdrojovou desku.....	7
Příloha 10: Pohled zespoda na zdrojovou desku.....	7
Příloha 11: Pohled na robota.....	8
Příloha 12: Pohled na celkovou konstrukci robota.....	8

Struktura CD

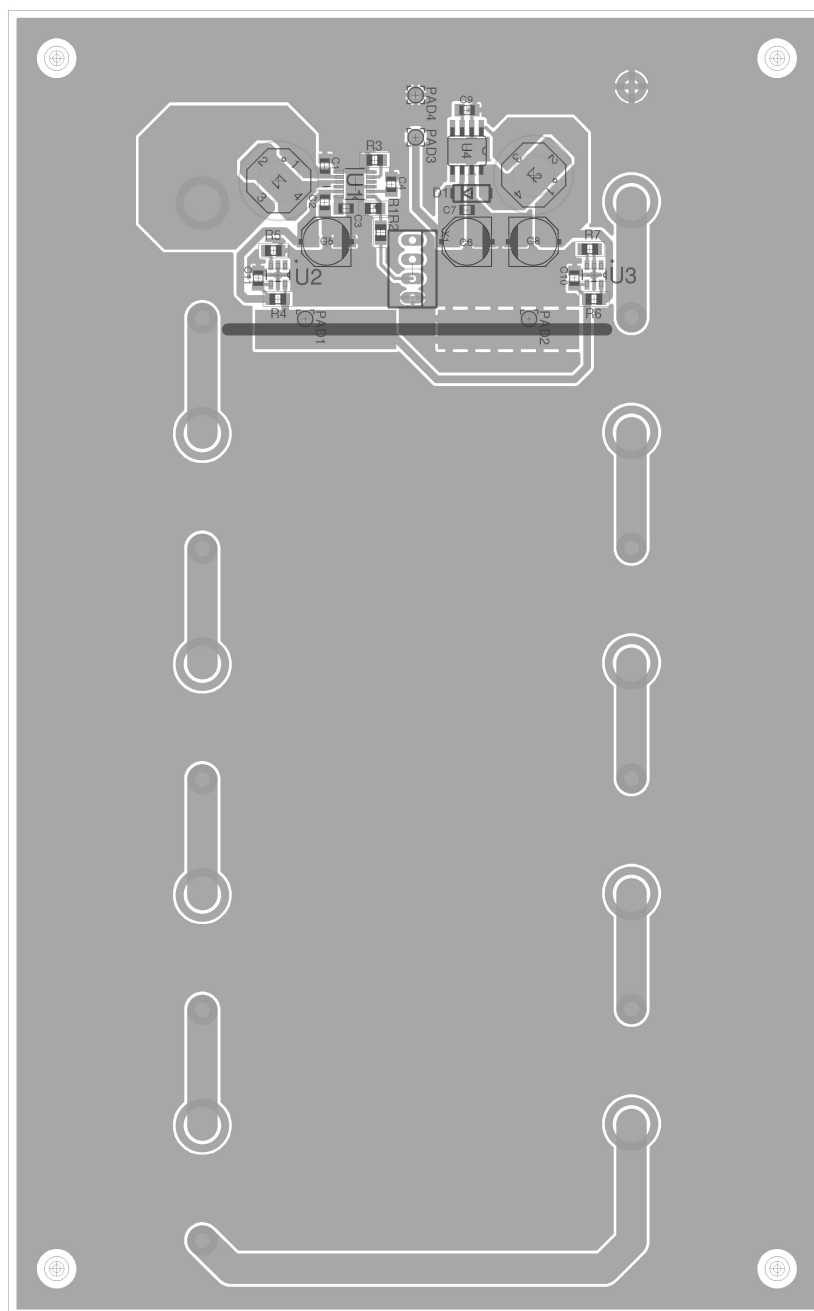
1. Datasheety
 1. ATmega16u4.pdf
 2. LTC3105.pdf
 3. MAX756.pdf
 4. ZXCT1110.pdf
2. Elektronika
 1. Panel
 1. panel.brd
 2. panel.sch
 3. supercap.brd
 4. supercap.sch
 2. Robot
 1. Robot5.brd
 2. Robot5.sch
3. Fotodokumentace:
 1. 01.JPG

2. 02.JPG
 3. 03.JPG
 4. 04.JPG
 5. 05.JPG
 6. 06.JPG
 7. 07.JPG
 8. 08.JPG
 9. 09.JPG
 10. 10.JPG
 11. 11.JPG
 12. 12.JPG
 13. 13.JPG
 14. 14.JPG
 15. 15.JPG
 16. 16.JPG
 17. 17.JPG
4. Přílohy:
1. panel_osaz.png
 2. panel.png
 3. panel_sch.png
 4. robot_bot_osaz.png
 5. robot_bot.png
 6. robot_sch.png
 7. robot_top_osaz.png
 8. robot_top.png

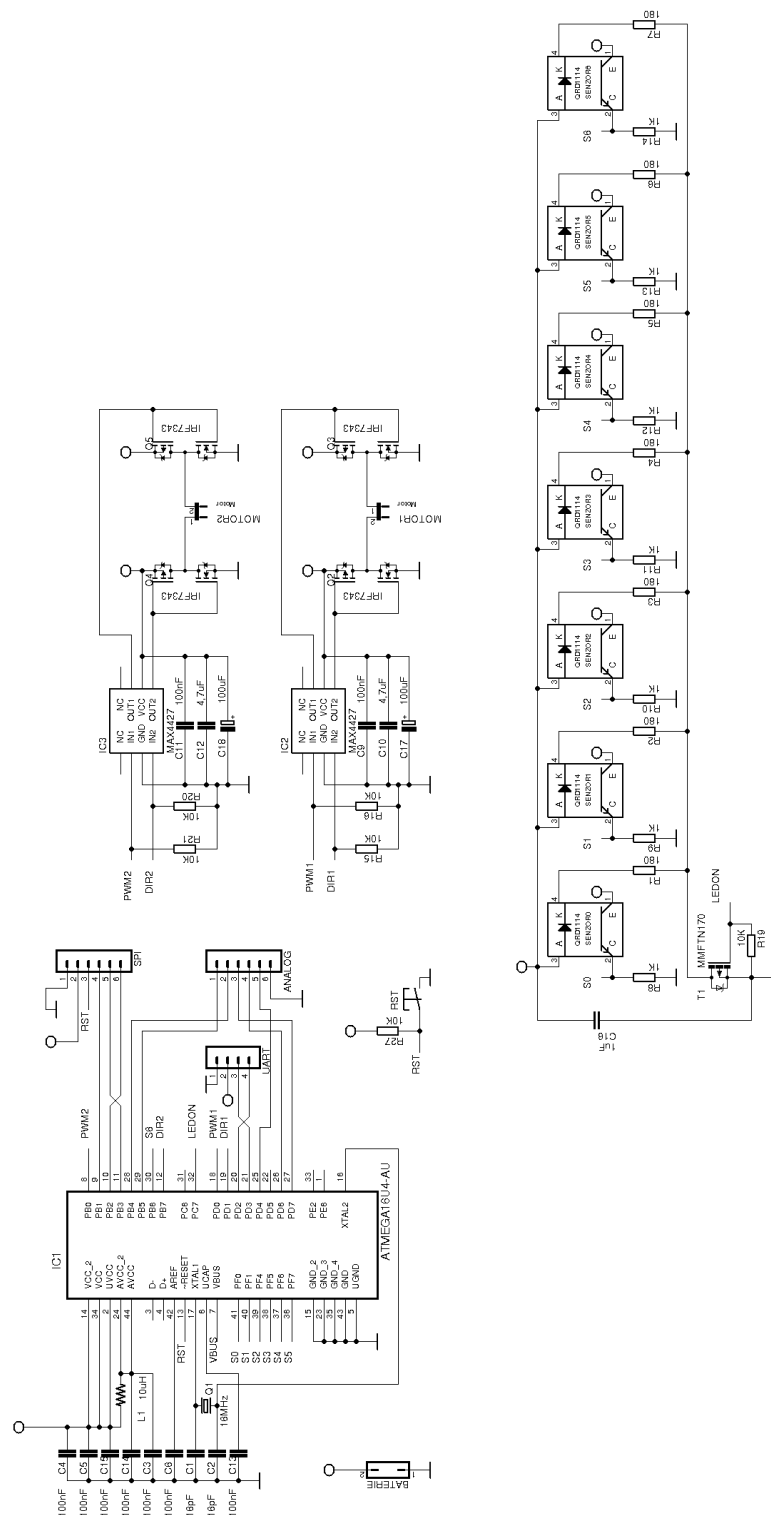




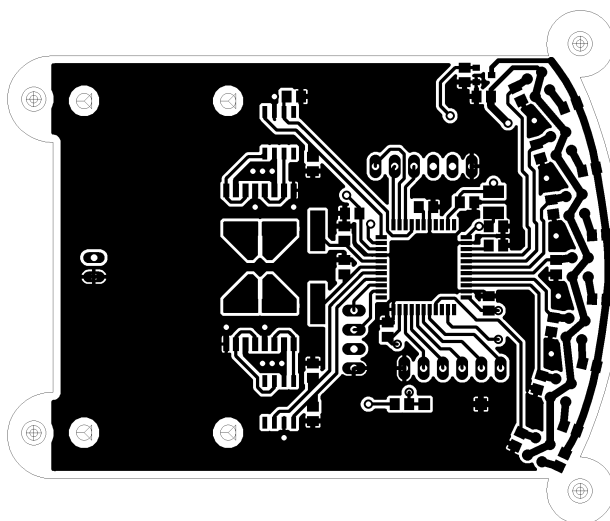
Příloha 2: Motiv DPS zdrojové desky



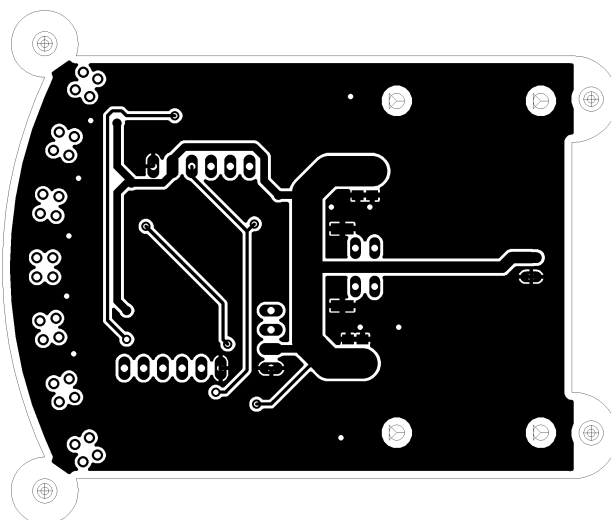
Příloha 3: Osazovací plán zdrojové desky



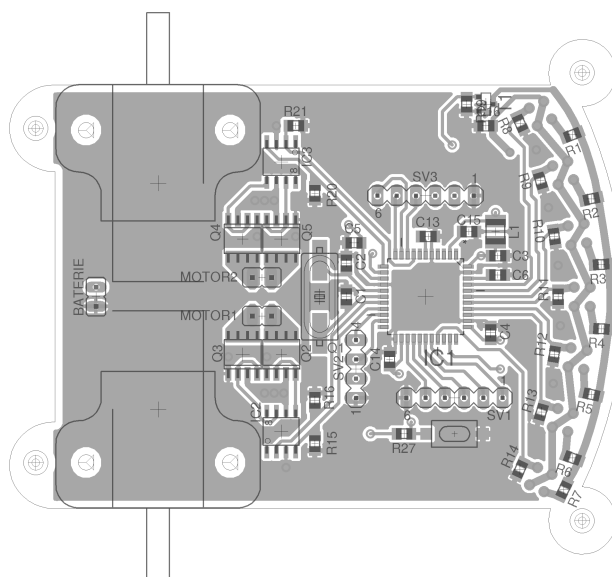
Příloha 4: Schéma zapojení robota



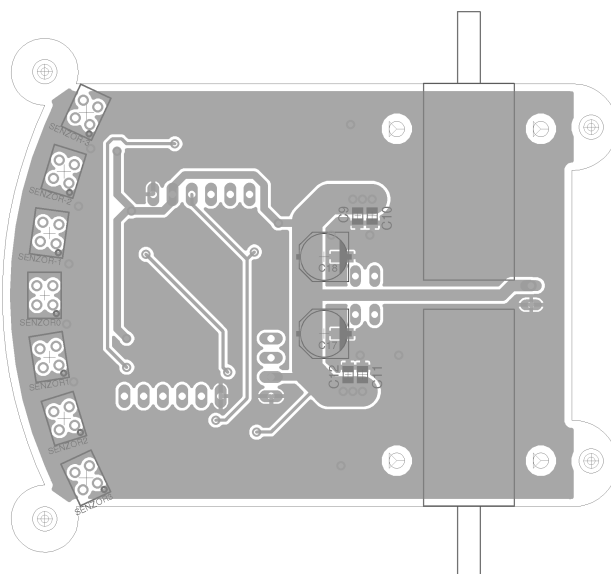
Příloha 5: Motiv horní strany DPS



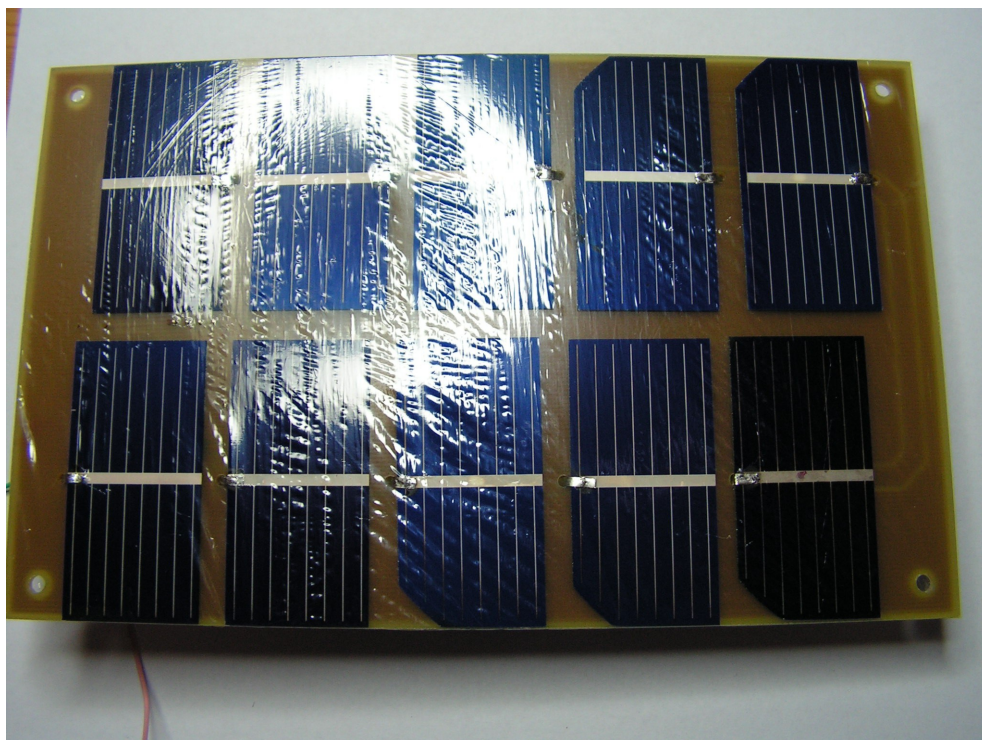
Příloha 6: Motiv spodní strany DPS



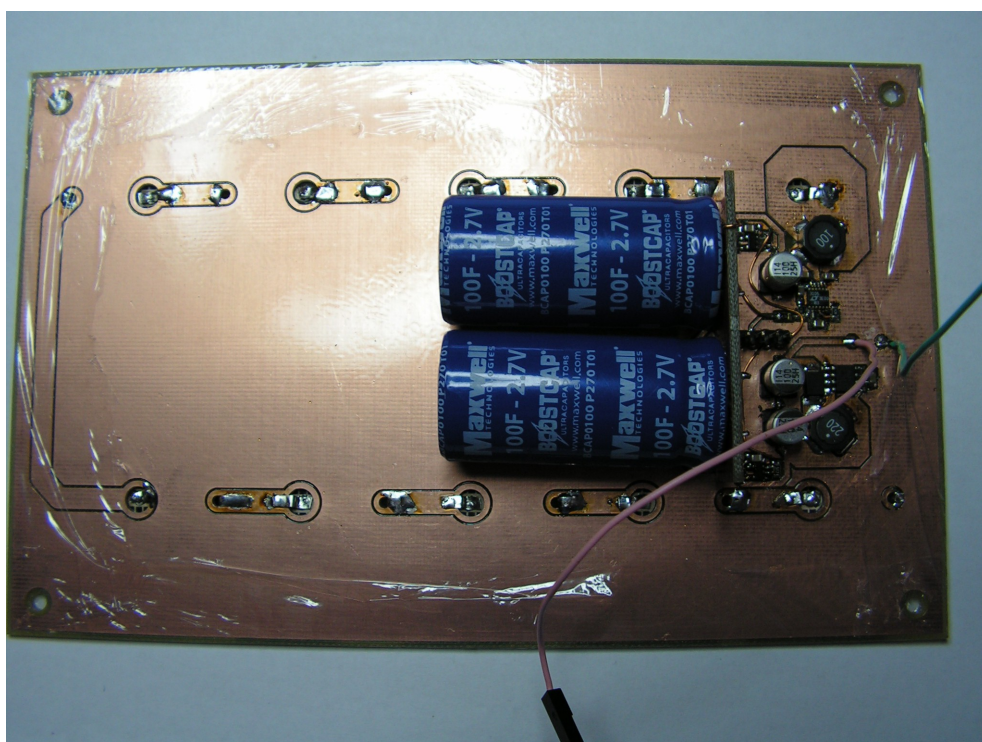
Příloha 7: Osazovací plán horní strany DPS



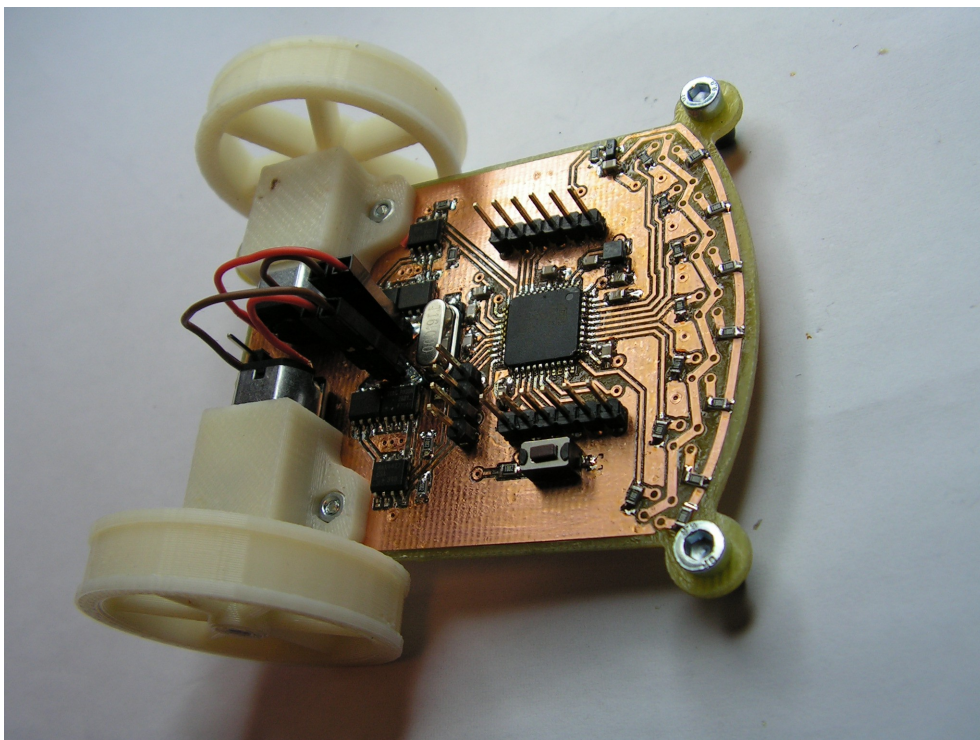
Příloha 8: Osazovací plán spodní strany DPS



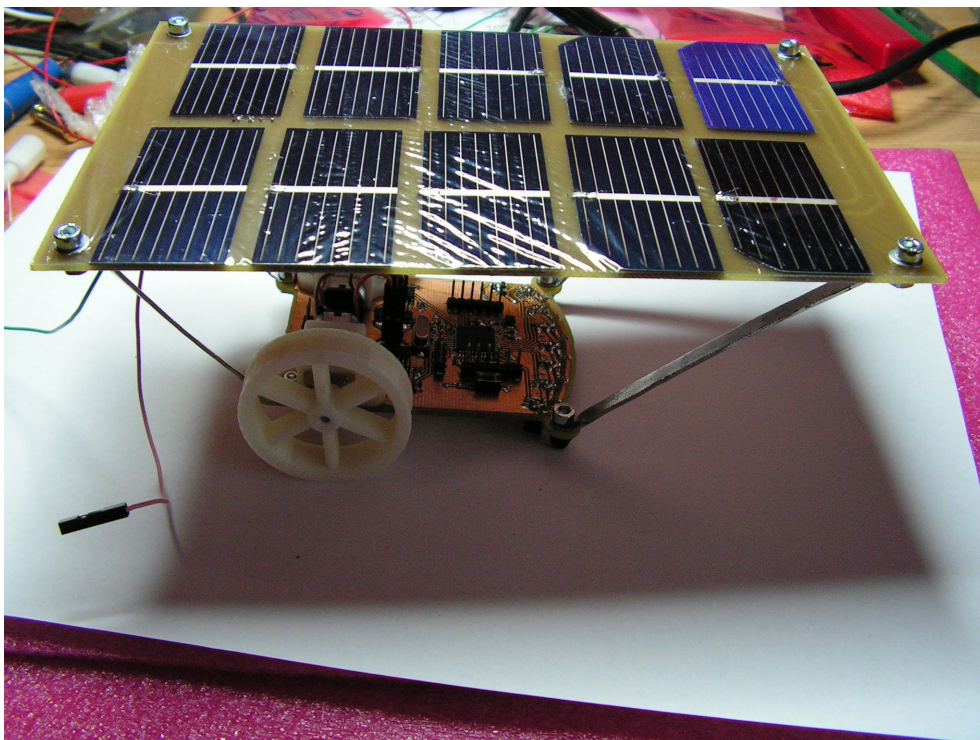
Příloha 9: Pohled shora na zdrojovou desku



Příloha 10: Pohled zespoda na zdrojovou desku



Příloha 11: Pohled na robota



Příloha 12: Pohled na celkovou konstrukci robota